

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-016816
 (43)Date of publication of application : 19.01.1996

(51)Int.Cl. G06T 15/00
 G06T 17/00

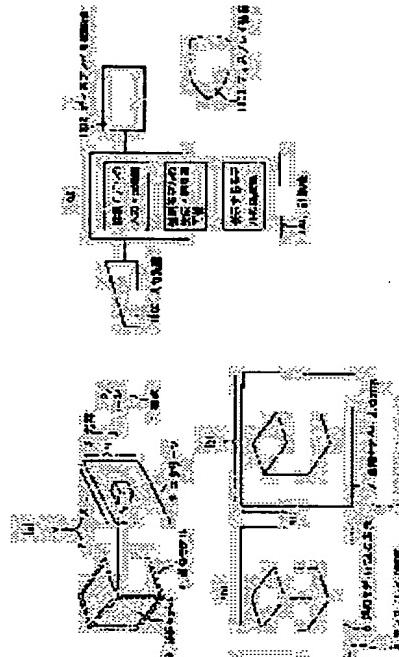
(21)Application number : 07-058518 (71)Applicant : HITACHI LTD
 (22)Date of filing : 17.03.1995 (72)Inventor : USAMI YOSHIAKI
 ANJO KENICHI
 OTA YOSHIMI

(54) COMPUTER GRAPHICS DISPLAY METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To display a natural picture at high speed in the computer graphics display of a three-dimensional model by displaying a minute model when the size of the model to be displayed on a screen is larger than a value which is previously set and an abbreviated model when it is smaller.

CONSTITUTION: A computer 1001 consists of the input/definition part of the minute model 3, which executes an algorithm, controls an input unit and becomes a first storage part, an arithmetic part generating the abbreviated model 4, an allocation part storing the abbreviated model 4 and the selection part of the model to be displayed. A display controller 1002 converts a digital signal from the computer 1001 into an analog signal for display and controls a display device 1003. The size of the model to be displayed on the screen is judged with such constitution. When the size is larger than the value which is previously set, the minute model 3 is displayed, and the abbreviated model 4 when it is smaller. Thus, the small model which is not conspicuous on the screen can be abbreviated.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	17.03.1995
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	12.11.1996
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	2677233
[Date of registration]	25.07.1997
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	08-20799
[Date of requesting appeal against examiner's	11.12.1996

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-16816

(43)公開日 平成8年(1996)1月19日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	府内整理番号	F I	技術表示箇所
G06T 15/00				
17/00				
	9365-5H	G06F 15/72	450	A
	9365-5H	15/62	350	A

審査請求 有 発明の数 3 O L (全22頁)

(21)出願番号 特願平7-58518
(62)分割の表示 特願昭62-253681の分割
(22)出願日 昭和62年(1987)10月9日

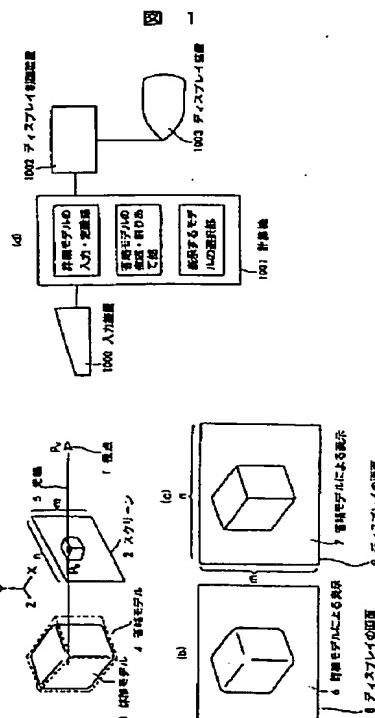
(71)出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(72)発明者 宇佐美 芳明
茨城県日立市久慈町4026番地 株式会
社日立製作所日立研究所内
(72)発明者 安生 健一
茨城県日立市久慈町4026番地 株式会
社日立製作所日立研究所内
(72)発明者 太田 ▲吉▼美
茨城県日立市久慈町4026番地 株式会
社日立製作所日立研究所内
(74)代理人 弁理士 小川 勝男

(54)【発明の名称】コンピュータグラフィックス表示方法

(57)【要約】

【目的】本発明は、3次元モデルのコンピュータグラフ
ィックス表示において、自然な画像を高速に表示するこ
とを目的とする。

【構成】表示すべきモデルのスクリーン上での大きさを
判定し、該大きさが予め設定した値よりも大きい場合に
は前記詳細モデルを表示し該大きさが予め設定した値よ
りも小さい場合には前記省略モデルの表示を行うように
切り換えて、ディスプレイ装置に表示を行う。



1

2

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 物体の 3 次元詳細モデルとその 3 次元省略モデルとを記憶し、前記詳細モデルと省略モデルとを切り換えてディスプレイ装置に表示を行うコンピュータグラフィックス表示方法において、

表示すべきモデルのスクリーン上での大きさを判定し、該大きさが予め設定した値よりも大きい場合には前記詳細モデルを表示し該大きさが予め設定した値よりも小さい場合には前記省略モデルの表示を行うように切り換えて、ディスプレイ装置に表示を行うことを特徴とするコンピュータグラフィックス表示方法。

【請求項 2】 物体の 3 次元詳細モデルとその 3 次元省略モデルとを記憶し、前記詳細モデルと省略モデルとを切り換えてディスプレイ装置に表示を行うコンピュータグラフィックス表示方法において、

表示すべきモデルの移動速度に応じて前記詳細モデルと省略モデルとを切り換えてディスプレイ装置に表示を行うことを特徴とするコンピュータグラフィックス表示方法。

【請求項 3】 物体の 3 次元詳細モデルとその 3 次元省略モデルとを記憶し、前記詳細モデルと省略モデルとを切り換えてディスプレイ装置に表示を行うコンピュータグラフィックス表示方法において、

前記詳細モデルと省略モデルとを切り換えてディスプレイ装置に表示を行う際に、詳細モデル及び省略モデルのそれぞれの透過率を変化させながら切り換えを行うことを特徴とするコンピュータグラフィックス表示方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は图形処理におけるモデリングおよび表示技術に係り、特に三次元コンピュータグラフィックスに好適な、コンピュータグラフィックス表示方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、三次元コンピュータグラフィックスでは、情報処理学会論文誌、第 25 卷、第 6 号(1984 年)第 948 頁において述べられているように、個々の物体モデルが全空間の中で局所的な領域を占め、その領域が重なり合うことが少ないと性質を利用して、表示処理の高速化を図っている。例えば表示しようとする物体モデルについて外接直方体を定め、空間内でモデルを探索する処理を行った際に、この外接直方体の内部のみに限定するという方法である。これにより物体モデルから離れた領域をムダに探索する必要がなくなるので表示処理の高速化が図れる。

【0003】 また、同様の性質を利用した表示高速化手法として、特開昭 60-79477 号公報では、スクリーン上で物体を囲む矩形領域のみに探索を限定して表示を高速化している。更に特開昭 61-139890 号公報は、物体モデルの局所存在性の利用による探層範囲の限定と共に、探

索処理の均一性を利用した高速表示手法である。

【0004】 一方、コンピュータグラフィックス 16-3 (1982 年) 第 9 頁から第 18 頁 (Computer Graphics, Vol. 16, No. 3 (1982) pp 9-18) において論じられているシステムにおいては、同一の物体に対して複数のモデルを割りあてることが可能となつており、オペレータが詳細度の異なるモデルを作成した同一の物体に割りあて、スクリーン上の大きさにより、システムが必要な詳細度のモデルを選択して表示させることが可能となつている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 上記従来技術のうち、物体モデルの局所存在性を利用した高速表示手法では、例えば物体モデルが視点から十分に遠い領域に定義され、スクリーン上においても非常に小さな範囲しか占めない場合においても、限定した領域の内部について詳細に探索しているので、物体モデルが視点が十分に近い場合に比較して、処理時間が短縮される割合は少ない。一方、詳細度が異なるモデルを表示できるシステムでは、

20 物体モデルが十分遠い場合の処理は高速化できるが、各モデルはオペレータが作成して割りあてる作業が必要であり、同一物体に複数のモデルを作成するため、オペレータの作業工数が大きい。

【0006】 本発明の目的は、自然な画像を高速にコンピュータグラフィック表示する方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために、本発明は、表示すべきモデルのスクリーン上での大きさを判定し、該大きさが予め設定した値よりも大きい場合には前記詳細モデルを表示し該大きさが予め設定した値よりも小さい場合には前記省略モデルの表示を行うように切り換えて、ディスプレイ装置に表示を行う。

【0008】 また、表示すべきモデルの移動速度に応じて前記詳細モデルと省略モデルとを切り換えてディスプレイ装置に表示を行う。

【0009】 更には、前記詳細モデルと省略モデルとを切り換えてディスプレイ装置に表示を行う際に、詳細モデル及び省略モデルのそれぞれの透過率を変化させながら切り換えを行う。

【0010】

【作用】 表示すべきモデルのスクリーン上での大きさを判定し、該大きさが予め設定した値よりも大きい場合には前記詳細モデルを表示し該大きさが予め設定した値よりも小さい場合には前記省略モデルの表示を行うように切り換えて表示するので、スクリーン上で目立たない小さなモデルは省略化でき、自然な画像を実現しつつ高速に表示ができる。

【0011】 また、表示すべきモデルの移動速度に応じて前記詳細モデルと省略モデルとを切り換えてディスプ

50

レイ装置に表示を行うので、目で捉えにくい動きのあるモデルは省略化でき、自然な画像を実現しつつ高速に表示ができる。

【 0 0 1 2 】 また、前記詳細モデルと省略モデルとを切り換えてディスプレイ装置に表示を行う際に、詳細モデル及び省略モデルのそれぞれの透過率を変化させながら切り換えることで、いきなり切り換わることがなく画像上で不自然さが少ない。

【 0 0 1 3 】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図 1 により説明する。

【 0 0 1 4 】 図 1 は本発明の概略を示す図であって、図 1 (a) に示す様に三次元空間上に設定されている視点 1 から、スクリーン 2 を通る光線 5 を追跡して、物体の第 1 の三次元モデルとなる詳細モデル 3 および物体の第 2 の三次元モデルとなる省略モデル 4 を、2 次元スクリーン上に表示させる方法を説明している。なお、これらはすべて計算機上の数値モデルとして表現されているものであって、実際には計算の結果として表示部となる CRT, 液晶, EL 等の 2 次元ディスプレイの画面 8 上に詳細モデルによる表示 6 (図 1 (b)) 、あるいは省略モデルによる表示 7 ((図 1 (c)) のような表示画像を得ることができる。

【 0 0 1 5 】 図 1 (d) は本発明を実現するためのハードウェア構成である。入力装置 1000 は、キーボードやタブレット等の装置で、モデル情報の入力や表示制御情報の入力に使用される。計算機 1001 は、本実施例によるアルゴリズムの実行、および入出力機器の制御を行うもので、第 1 の記憶部となる詳細モデルの入力および定義部と、省略モデルの生成を行う演算部および省略モデルを記憶する割りあて部と、表示するモデルの選択部とから構成される。ディスプレイ制御装置 1002 は、計算機からのデジタル信号をディスプレイ用のアナログ信号への変換、およびディスプレイ装置 1003 の制御を行う。そして表示部となるディスプレイ装置 1003 により画像を画面上に表示させることができる。尚、ディスプレイ装置は、ホログラフィ等を用いた 3 次元ディスプレイでも良い。

【 0 0 1 6 】 ここで、図 2 により本発明を計算機ソフトウェアにより実現した場合の実施例の各部分の動作について説明する。なおこれらはハードウェアによつても実現可能である。

【 0 0 1 7 】 まずステップ 101 は表示のために必要な詳細モデルや視野情報を入力するステップである。例えば詳細モデル 3 が角か丸い直方体形状をしている場合には、図 3 のように 8 個の球要素と 12 個の円柱要素と 6 個の平面要素から構成される。そしてこの詳細モデルを部品 1 と呼ぶことにすると、図形構造の構成は図 4 に示すような本構造で表現できる。

【 0 0 1 8 】 ここで、本実施例では、同図に示すように

あるシーンは幾つかの物体から構成されているものとし、各物体はまた幾つかの部品から構成され、更に各部品は幾つかの図形要素から構成されているものとする。そして物体の階層レベルを物体レベルと呼び、以下同様にして部品レベルおよび図形要素レベルと呼ぶこととする。このように詳細モデルの入力は、図形要素の集合として計算機上で三次元モデルの形状を定義することである。一方、視野情報の入力とは、図 1 における視点 1 やスクリーン 2 について三次元空間上の位置を定めることであり、例えば X Y Z 座標値で入力する。更にスクリーンについては、スクリーンの大きさや面の向きについても入力する。その他にはスクリーン上で何画素以上の大きさを占める物体を詳細モデルで表示させるかを判断するため、詳細モデル表示に必要な最小の大きさを入力する。要するに本ステップ 101 では物体 3 次元形状モデル情報を詳細モデル情報として入力し、更に表示させるための視点・スクリーン位置等の視野情報も入力して、第 1 の記憶部に記憶させるステップである。

【 0 0 1 9 】 ステップ 102 は、ステップ 101 で入力された詳細モデルの情報に基づき、図 4 の木構造データを探索するステップである。本実施例では、図 4 の木構造の中で部品レベルについて省略モデルを生成することとすると、同図の木構造を探索して、例えば部品 1 のように、部品レベルにあるものの検出を行う。

【 0 0 2 0 】 ステップ 103 は、入力された詳細モデルについて省略モデルをアルゴリズムにより生成するステップである。ここで詳細モデルは図 3 および図 4 に示すような図形要素の集合で定義されているものとする。そして省略モデルとしては、詳細モデルの外接直方体の割りあてを行なう。この外接直方体を生成するためには、図 5 に示すように、詳細モデルを X Y Z 軸に投影させたときの最大・最小値を求めればよい。同図では X 軸に投影したときの最大値を $x_{...}$ 、最小値を $x_{...}$ とし、以下同様に $y_{...}$ 、 $y_{...}$ 、 $z_{...}$ 、 $z_{...}$ を求めている。これら最大・最小値から図 6 に示すような 6 つの平面の方程式、 $X = x_{...}$ 、 $X = x_{...}$ 、 $Y = y_{...}$ 、 $Y = y_{...}$ 、 $Z = z_{...}$ 、 $Z = z_{...}$ を生成する。これら 6 つの平面の方程式によって構成される三次元モデルを省略モデルとして割りあてる。入力されている詳細モデルは図 3 に示すように合計 26 個の図形要素で構成されており、各図形要素はそれぞれ半径や長さ等のパラメータを持つ。一方、生成された省略モデルでは、本実施例のような外接直方体の場合には、前記 6 つの平面方程式を指定するための 6 つのパラメータで記述できる。よって本ステップでは詳細モデルのパラメータ数を減じている演算手段である。また、詳細モデルにあった球要素や円柱要素のような 2 次曲面を、この省略モデルでは含まないので、モデルの次元数も減じている手段である。また、データ構造は図 4 に示した木構造を図 7 のように変更する。ここで詳細モデル 3 は図 3 における 26 個の図形要素の集合

50

であり、省略モデル4は図6に示した1個の外接直方体である。即ち同一の部品に対して、詳細モデルと省略モデルの2つのモデルを割り切る。

【0021】ステップ104はスクリーン2上の各画素について、ステップ105～108をくり返すことを意味している。スクリーン(画面)2は図1に示すように $m \times n$ の画素を持ち、通常はディスプレイ1003の表示解像度に一致させる。従ってステップ108までを $m \times n$ 回くり返し処理することになる。

【0022】ステップ105は図1における光線5の方程式を決定するステップである。ステップ101により、視野情報が入力されており、視点位置やスクリーン位置および各画素位置は既知である。光線は視点位置 P_v とスクリーン上の一つの画素位置 P_s を結ぶ直線であり、 P_v, P_s の位置ベクトルを P_v, P_s とすれば、 t をパラメータとして、 $t(P_s - P_v)$ として表わすことができる。 P_v の位置は固定であるが、 P_s の位置はスクリーン上の $m \times n$ 個の位置をとる。このようにして、 $m \times n$ 個の光線方程式を決定できる。

【0023】ステップ106はステップ103において生成された各省略モデルについて、ステップ107からステップ108までを繰り返すことを示している。図8に示すように、通常は生成された省略モデルは複数であり、例えば省略モデル4の他にも、省略モデルAや省略モデルBが存在する。本ステップでは、ステップ104および105で決定された一本の光線5について、これらすべての省略モデルを図7の木構造から検出して、ステップ107、108のくり返し処理を行う。

【0024】ステップ107は、光線5が各省略モデルと交点を持つかどうかを判定する手段である。光線の方程式はステップ105で決定された直線の式であり、省略モデルは図6にあるように6つの平面の式で記述されている。したがって、交点の判定は直線と平面の交差問題として求めることができる。処理中の光線が、省略モデルの6つの平面の内側領域を通過する場合に、交点があったものと判定する。

【0025】ステップ108はステップ107で交点が検出された場合に省略モデルを表示させるステップである。交点が検出されたということは、処理中の光線がスクリーン2上にも省略モデルの像が投影されているということである。そこで光線が通るスクリーン上の一画素に省略モデルを表示されることになる。ただし、複数の交点があった場合には、視点に最も近い交点を表示対象とする。スクリーン上の全画素について、ステップ108までが終了した時点で、図8に示したように、スクリーン2上に全ての省略モデルが投影・描画されていることになる。

【0026】ステップ109は、上記までのステップでスクリーン上に描画された省略モデルを検出し、ステップ110～113をくり返すためのステップである。ス

クリーンは図9に示すように、 $m \times n$ の2次元配列としてデータを持つており、この配列データを検索して省略モデルを検出する。

【0027】ステップ110は2次元スクリーン上に投影・描画された省略モデルの大きさを判定するステップである。例えば図9に示すように、2つの省略モデルが投影・描画されていたものとする。大きさを判定するためには、例えば平面スクリーンの水平(u)方向と垂直(v)方向に投影された大きさ(u_i, v_i)を基準とする。この u_i および v_i の値が、ステップ101で入力されている詳細モデル表示に必要な最小の大きさを上まわっているかどうかの判定を行う。

【0028】ステップ111は、ステップ110においてスクリーンに投影された大きさから、詳細モデル表示を行うと判定された省略モデルについて、モデルのデータを詳細モデルに切り換えて、各詳細モデルについてステップ112および113をくり返し処理するためのステップである。詳細モデルは例えば図3に示すような通常は多数の図形要素から構成されており、これらすべての図形要素について、ステップ113までをくり返す。

【0029】ステップ112は、詳細モデルの図形要素についての交点の判定手段であり、ステップ107の場合と同様にして、スクリーン上の各画素を通る光線方程式と図形要素との交差判定を行う。

【0030】ステップ113は、ステップ112において交点があると判定された光線が、スクリーンを横切る位置 P_s の画素に対して、ステップ108と同様にして、詳細モデルを表示させる手段である。

【0031】以上のように、本実施例では入力された詳細モデルからアルゴリズムによりパラメータ数あるいは次元数を減少させた省略モデルを生成し、まず交点判定が容易な省略モデルで表示を行い、更にスクリーン上に大きく投影されて詳細情報が必要なものについてのみ詳細モデルでの表示を行っている。従って、すべてを詳細モデルで表示させる場合よりも、表示処理の高速化が可能であり、なおかつ省略モデルは自動生成するために手作業で入力する必要がないという効果がある。

【0032】上記実施例では、スクリーン上に投影された時に大きい物体に対して詳細モデルで表示させていたが、省略モデルを表示したところで処理を打ち切り、詳細モデルを全く表示させることもできる。このためには、図2におけるステップ108が終了した段階で処理を終了すればよい。すべての物体を省略モデルで表示させれば、表示処理時間を高速化できるので、物体の概形をチェックする場合等に使用することができる。

【0033】また省略モデルから詳細モデルへの切り替え判定を、先述のようにアリゴリズムによって行うではなく、オペレータの判断によって決定することもできる。このためには、図2におけるステップ110の手段をオペレータとの対話処理に置き換えることで実現可能

である。この対話処理とは、図9のように平面スクリーン上に描画された省略モデルをそのままディスプレイ上に表示させ、オペレータがディスプレイを目視しながら、スタイラスペン等のポインティング装置により、詳細モデル表示に切り換える省略モデルを指示することである。このように対話処理により詳細モデルへの切り替えを指示すれば、オペレータの意志により省略モデルを残していくことが可能である、意図的な省略表示が可能である。

【0034】詳細モデルへの切り替え方法としては、視点から省略モデルまでの距離を基準にして切り換えることもできる。この場合のフローチャートを図10に示す。まずステップ101では、詳細モデルと視野情報の他に、視点-交点距離による切換設定値を入力する。以降ステップ102より107までは前述のものと同一であるので説明を省略する。ステップ201ではステップ107で求められた省略モデルと光線の交点位置をもとに視点-交点間の距離を算出する。図8に示すように、視点P_vと省略モデル上の交点P_sは光線5上の2点であり、この2点間距離は容易に求めることができる。ステップ202は上記の視点-交点距離と、ステップ101により入力された設定値とを大小比較する。設定値よりも算出した距離が大きい場合、即ち遠い場合には、ステップ203によりスクリーン上のP_s（図8）の位置の画素に省略モデルを表示させる。一方、設定値よりも小さく、即ち近い場合には、図2におけるステップ111～113と同様にしてステップ204～206によりP_sの位置の画素に詳細モデルを表示させる。このように視点からの距離により、省略モデルから詳細モデルへの切り替えを行う場合には、すべてのモデルを一度省略モデルとして表示させてから逐次詳細モデルに切り換えるのではなく、ステップ202により省略モデルと詳細モデルを分別しており、省略モデルの表示工数が少ないでの、処理の高速化が可能である。

【0035】物体のモデルの大きさそのものによっても、省略モデルと詳細モデルの切り替えは可能である。図11はこの方法を示すフローチャートである。まずステップ101は、入力のステップであり、詳細モデルと視野情報の他に、モデルの大きさにより省略モデルを生成するための設定値を入力する。ステップ102は図2と同じである。ステップ301は、図5のようにして詳細モデルの大きさを判定する手段であり、XYZの各軸方向へ投影させて、モデルの大きさを求める。そしてステップ101で入力された設定値と比較して、小さい場合にはステップ302により省略モデルを生成する。さらにステップ302では、図12に示すように、各物体または部品に対して省略モデルを生成したら詳細モデルとの置換を行う。つまり、詳細モデルか省略モデルのいずれか1つが部品または物体に割りあてられる。ステップ104および105は図2と同じである。ステップ30

3は、図12のデータ構造上で、物体または部品に対応するモデルを検出し、以下ステップ304～308までをくり返す。ステップ304では割りあてられているモデルが詳細モデルか省略モデルかを判定し、詳細モデルの場合にはステップ305、306により表示処理をし、省略モデルの場合にはステップ307、308により表示処理を行う。このように物体のモデルの大きさにより、省略モデルへの切り替えを行った場合には、モデルの形状情報のみで省略モデルの割りあてを行っているため、視点位置とは独立に省略表示を行うことができる。言いかえると、視点位置に依らず、大きさの小さい物体だけを省略モデルとして表示させることができる。

【0036】コンピュータ・グラフィックスでは、1フレームずつ作成した静止画を30フレーム/秒程度で連続表示させることにより、動画表示を行う。この動画表示の際に、画面上で動いている物体についてのみ省略モデルに切り替えて表示させることができる。図13は図3および図4に示した図形要素（円柱）のモデル情報の内容を示した例である。同図において、2hは円柱の長さ、2rは円柱の直径であり、これらをプリミティブ情報と呼ぶ。また円柱の中心Pについて原点Oからの位置を示すものがa_x, a_y, a_zであり、円柱の向きを示す回転角がθ_x, θ_y, θ_zであり、これらを配置情報と呼ぶ。ディスプレイ、即ちスクリーン上で物体が動く場合には、第一に配置情報がフレーム間で変化している場合であり、第二に視野情報が変化している場合である。ここで図14により、画面上で物体が動いている場合に省略モデルを表示させる方法について説明する。ステップ401は、現在処理中のフレームの1フレーム前の詳細モデル・視野情報等を入力するステップであり、ステップ101にて現フレームの詳細モデル・視野情報等を入力する。ステップ102は図2の例と同様である。ステップ402はモデルの動作を判定するステップであり、ステップ401および101において入力された情報から配置情報および視野情報の変化を検出する。ここで動作があると判定された場合には、ステップ302により図12のように詳細モデルを省略モデルと置き換える。以下のステップは図11の例と同様であり、動作する物体だけを省略モデルで表示させることができる。動画表示の場合では、ディスプレイ上で動作のある物体を凝視することは困難であり、モデルの詳細情報まで認識することはできない。よって動作物体の速度を評価指標として省略表示すると、映像品質の低下は少なくて、処理が高速化される効果がある。

【0037】これまでの実施例では、詳細モデルと省略モデルの切り替えをあるフレームを境にして瞬間に行っていたが、モデルの透過率を定義し、これを第3のモデルとして少しずつ変化させながら切り替えを行うことができる。例えば、図1において第1フレームでの表示像が詳細モデルによる表示6のようであったとする。第

2 フレームからこの物体が動作を開始して、省略モデルによる表示に切り換えられるが、完全に切り換えが終了するのは第4フレームとする。この第1～4フレーム間で、図15(a)に示すように詳細モデルの透過率は0%, 33%, 66%, 100%と変化し、一方省略モデルは100%, 66%, 33%, 0%と変化する。要するに、詳細モデルは次第に薄くなるように表示され、省略モデルは次第に濃くなるように表示される。なお、ここで透過率とは光線が物体を透過する割合を示す数で、透過率0%が物体が完全に見える状態で、100%が完全に見えない状態とする。図15(b)はこの方法を示すフローチャートである。ステップ401および101は図14の場合と同様である。ステップ501は、既に動作を開始している物体についての透過率情報を入力するステップで、詳細および省略モデルの現フレームでの透過率を入力する。ステップ102からステップ303までは図14の場合と同様である。ステップ502以降は光線とモデルの交点判定および表示のための手段である。まずステップ502は省略モデルの有無を検出する。例えば図7における部品1のように、ひとつの物体または部品に対して詳細モデル以外に省略モデルも割りあてられているものの検出を行う。省略モデルの割りあてがない物体については、ステップ503により詳細モデルを通常表示させる。一方省略モデルの割りあてがある場合には、まずステップ504において詳細モデルの透過表示を行い、次にステップ505において省略モデルの透過表示を重ね書きする。重ね書きとは、一画素の色を両者の透過率の割合に応じて混色して表示されることである。例えば詳細モデルの透過率をA、詳細モデルの表示色をC₁とし、省略モデルの透過率を(1-A)、表示色をC₂とすると、透過表示色Cは、

$$C = A \cdot C_1 + (1 - A) \cdot C_2$$

のように計算して求める。このようにして詳細モデルから省略モデルへの切り換えを透過率を変化させながら行うことにより、両者がオーバラップしながら切り換えることができるので、スムーズな動画表示が可能である。

【0038】詳細モデルから省略モデルへの段階的な切り換え方法として、詳細モデルを次第に変形させて省略モデルに一致させながら表示を行うことができる。例えば、図16に示すように、詳細モデルが円柱形状を、省略モデルが直方体形状をしているものとする。ここで、円柱から直方体へ順次変形させるために、それぞれのモデル上に対応点を定める。例えば、同図に示すように詳細モデルについてはP₁～P₁₁を、省略モデルにはP'₁～P'₁₁を定めて、対応点とする。図17は図16の上面図であり、詳細モデルと省略モデルから、変形途中の補間モデルを生成する方法を説明する図である。いま、生成する補間モデルが詳細モデルと省略モデルのちょうど中間であるとすると、補間モデルの対応点Q₁～Q₁₁を求めるには、線分P₁～P'₁から線分P₁～P'₁₁まで

の中点を順次求めればよい。この方法のフローチャートを図18に示す。ステップ401および101は図15の例と同様である。ステップ601は対応点情報を入力するステップであり、図16に示すように詳細モデルと省略モデルが存在している場合に、各々の対応点を定める。ステップ102から503までは図15の例と同様である。ステップ602は詳細モデルと省略モデルの間の形状を持つ補間モデルを生成するステップであり、図17に示すようにして生成する。そしてステップ603において、生成された補間モデルを表示させる。このように詳細モデルから順次変形させながら省略モデルに切り換えることにより、瞬間的な切り換えを防止することができるため、スムーズな動画表示を行うことが可能である。

【0039】詳細モデルから省略モデルを生成するのではなく、三次元の省略モデルをまず形状データとして定義し、物体の光線に対する透過性を記述した透過率データはマッピングデータとして2次元のテーブル形式で記憶し、形状モデルにマッピングデータを貼り付ける手段により詳細モデルを定義して、表示を行うことも可能である。図19に示すように、三次元形状データとして省略モデルを定義する。例えば同図の例では、省略モデルの4頂点P₁～P₄の座標値(x₁, y₁, z₁)～(x₄, y₄, z₄)で定義している。また透過率データは同図のような分布を持つ2次元のデータであり、例えば斜線部では透過率が100%、斜線部以外では0%とする。ここでマッピング手段により、省略モデルに透過率データを貼り付けるためには、省略モデルと透過率データの対応関係を定めておく必要がある。例えば本実施例では、透過率データの4すみの点M₁～M₄は省略モデルの4頂点P₁～P₄にそれぞれ対応するものとする。頂点以外の点の対応関係は、頂点からの位置で内挿して求める。図20は本実施例を説明するためのフローチャートである。ステップ101では、詳細モデルと視野情報を入力する。本ステップにおいては、詳細モデル情報は省略モデルと透過率データおよび両者の対応関係であり、これらすべてを入力する。本実施例では、詳細モデルと省略モデルの切り換えは視点からの距離を基準に行っていいる。しかし前述のように詳細モデルと省略モデルの切り換えには幾つかの方式があり、いずれの切り換え方式とも本実施例では組み合わせ可能である。ステップ104以降は図10の場合とほぼ同様であるが、ステップ204以降の詳細モデルについてのくり返し処理は、図19に示したように省略モデルと透過率データの一個ずつに対して処理されるものである。ステップ205の交点判定手段では、交点が透過率100%の部分にあったときには、光線がモデルを通過するので、交点はないものとして処理される。一方、交点が透過率0%の部分にあったときには交点があったものとして処理する。これらの処理により、図21に示すように、ディスプレイ上に詳

細モデルによる表示と省略モデルによる表示を得ることができる。このように、省略モデルに透過率データをマッピングさせて詳細モデルを定義することにより、透過率が100%の部分は光線が透過するので、見かけ上は物体が表示されないため、複雑な物体の外形線を透過率分布だけで表現することができ、少ない形状データで複雑な物体の記述が可能である。また、透過率データの利用／非利用により、詳細モデルと省略モデルの切り換えが可能であり、重要性の低い物体については省略して表示することにより処理の高速化が可能である。

【0040】省略モデルに透過率データと色データをマッピング処理することによっても、詳細モデル表示することができる。図19に示した省略モデルと透過率データに、更に図22に示す色データを加える。この色データは透過率データと同様に2次元のテーブル形式であり、同様に省略モデルとの対応点M', ~M', を定める。そして図20と同様の処理を行って、図23に示すように、ディスプレイ8上に詳細モデルによる表示あるいは省略モデルによる表示を得ることができる。このように色データを更に追加することにより、物体の複雑な模様も2次元のデータとして登録できるので、より精密な詳細モデル表示を得ることができる。

【0041】省略モデルに透過率データと色データと更に法線データを加えて、詳細モデル表示を得ることもできる。図24は追加する法線データの概念を示す図であり、物体上の法線ベクトルの分布が2次元テーブル形式で格納されているものである。透過率データや色データと同様にして対応点M', ~M', を定めて、省略モデルとの対応関係を定める。光源ベクトルと法線ベクトルの内積計算を行って表示色を決定する際に、物体の法線を計算するのではなく、テーブル上の法線データをそのまま利用する。すると図24のように、実際に格納されている法線データは(b)のようであり、省略モデルの形状は平面であるが、光源ベクトルとの内積計算により表示を決定すると(a)のような表面を持つように表示される。図25は、省略モデルに透過率データと色データと法線データを付加して、詳細モデルとして表示させた例である。また省略モデルによる表示例は図21の場合と同様である法線データは2次元のテーブル形式であり多様な法線の分布を定義できるので、複雑な表面の凹凸を持つ物体を詳細モデルとして表示することができる。

【0042】省略モデルに透過率データと色データと法線データと更に頂点法線データを与えて、詳細モデル表示を得ることもできる。図26は頂点法線ベクトルN, ~N, を、4つの頂点P, ~P, に与えた例であり、外側に拡がる向きに指定して、この平面と曲面のように陰影付けして表示させる例である。図27は曲面のように表示される理由を示す図である。いま(a)に示すようにN, とN, のベクトルの補間からN, を算出し、同様にN, とN, からN, ' を算出する。そして、N, とN, ' から更

にベクトルの補間を行って、省略モデル内の法線ベクトルを求める。この結果(b)に示すように省略モデル上の全法線が補間により求められる。光源ベクトルとの内積計算にこの法線ベクトルを使用すれば、ディスプレイ上で表示輝度が滑らかに変化し、曲面のように表示される。また、この補間による法線と図24(b)に示した2次元テーブル上の放線データをベクトル加算して表示させると、(c)のように形状データとしては平面であっても、曲面上に更に凹凸のある物体を詳細モデルとして表示することができる。

【0043】また、マッピングデータとして格納する値としては、上記の他にも反射係数等の光学的特性も入力することが可能である。これにより、表面上で光学的特性が変化している物体も表示することができる。

【0044】単一の省略モデルに、透過率データや色データや法線データを付与するのではなく、複数の图形要素を持つ省略モデルにもこれらデータを付与できる。図28に示す例では、省略モデルは6つの平面要素の集合体であり、頂点はP, ~P, の12個を持つ。このような省略モデルの場合には、それぞれの頂点に対応させる対応点を二次元テーブル形式のデータの中で定めればよく、同図の場合ではM, ~M, , M', ~M', , M'', ~M'', を指定することである。このようにして、対応関係さえ指定すれば、省略モデルおよび詳細モデルの表示は図2に示すようなフローチャートにより実現できる。このようにして、図29に示すように、ディスプレイ上に詳細モデルによる表示および省略モデルによる表示を得ることができる。

【0045】詳細モデルから省略モデルを生成し、表示する際に、同一の物体に1つの省略モデルを割りあてるのではなく、詳細度の異なる複数の省略モデルを割りあて表示させることもできる。図30に示す例では、部品1に対してn個の省略モデルと詳細モデルを割りあてている。ここで、詳細モデルからパラメータ数または次元数を減らして省略モデルを生成するが、パラメータ数または次元数の最も少ないものを第1省略モデルと呼び、以下第2, ..., 第n省略モデルと呼ぶことにする。図31は詳細度の異なる省略モデルを割りあて、表示させる方法を示すフローチャートである。まずステップ701では、詳細モデルと視野情報の他に切換設定値を入力する。これは、表示させる省略モデルを指定するための値で、本実施例のように視点からの距離により切り換えを行う場合では、設定値1~nまでのn個所の距離値を指示する。この切換設定値は視点から遠い順に設定値1, 設定値2, ... 設定値nとする。ステップ704および705は図20の例と同様である。ステップ702は最もパラメータまたは次元数の少ない第1省略モデルについて、以下のステップを繰り返すことを意味している。ステップ702およびステップ707は図20の例と同様である。ステップ703はステップ701において求め

られた視点 - 交点距離とステップ 701において入力された切換設定値との比較を行うステップである。視点から最も遠い設定値 1 より更に遠くの距離にある物体についてはステップ 704 に第 1 省略モデルで表示する。設定値 1 と設定値 2 の間の距離にある物体は、ステップ 705 により第 2 省略モデルと光線の交点を調べ、交点があればこれを表示する。設定値 n より近い物体は、ステップ 705 により光線との交点を調べ、交点があれば詳細モデルを表示する。いまここで n = 2 であるとし、第 2 省略モデルを図 5 および図 6 のようにして生成される詳細モデルの外接直方体とする。すると、この第 2 省略モデルから第 1 省略モデルを生成できる。即ち図 32 に示すように、点 C を中心として半径 r の外接球を生成して第 1 省略モデルとする。このとき点 C は外接直方体の重心であり、半径 r は外接直方体の対角線の $1/2$ の長さである。外接球は一つの 2 次方程式で記述されており、6 つの平面方程式で記述する外接直方体よりもパラメータ数を減少させている。このようにして、ある省略モデルより更にパラメータまたは次元数の少ない省略モデルを割りあて、表示させることにより、重要性の低い物体は更に簡略化して表示できるので、表示時間の高速化に効果がある。

【0046】 詳細モデルから第 1 ~ 第 n 省略モデルを生成する方法として、図形の分割数を変化させることによっても可能である。図 33 に示す例では、詳細モデルは円柱形状であり、これを円周方向に直線で分割して 16 角柱としたものが第 2 省略モデルである。そして第 2 省略モデルの分割数を減じて、8 角柱としたものを第 1 省略モデルとする。第 1 省略モデルは第 2 省略モデルより平面数が少なく、少ないパラメータで記述させているので、これを重要性の低い物体に割りあてれば、表示時間の高速化が可能である。分割数を距離や大きさなどの評価関数により自動的に設定することができ、あらかじめ省略モデルをデータとして保存しておく必要はなく、データのコンパクトが図れる。

【0047】 次元数を減らして、さらに詳細度の低い省略モデルを演算して割りあてる方法として、完全な 2 次元図形を用いることもできる。例えば図 34 に示すように三次元の第 2 省略モデルがスクリーン上に投影した状態で外接図形を求め、これを第 1 省略モデルとして割りあてる。このように 2 次元図形を割りあてれば、表示処理は極めて簡易になるので、表示時間の高速化が可能である。

【0048】 以上の例では、省略モデルは詳細モデルから、アルゴリズムにより自動生成させるものであったが、省略モデルが部品間をまたがって定義されるような場合には、オペレータが予め指示を与えて表示させようすることもできる。図 35 はオペレータ指示による省略モデルの定義方法を示す図である。例えば、図 35 (a) のように物体 1 は部品 1、部品 2、部品 3 が OR

結合 (U と表記) により定義されているものとし、詳細モデルとして同図のような 3 つの円柱を重ねた形状を持つものとする。このようにすべて詳細モデルで表現する状態を、

物体 1 = 部品 1 U 部品 2 U 部品 3

のように記述する。次に図 5 (b) のように部品 1 のみを省略モデルに切り換える場合には、

物体 1 = (部品 1) U 部品 2 U 部品 3

のように、省略モデルに切り換える部品を () で囲んで指示する。同様にして図 35 (c) のように、部品 1 と部品 2 を省略モデルにする場合には、

物体 1 = (部品 1 U 部品 2) U 部品 3

であり、図 35 (d) のようにすべてを省略モデルにする場合では、

物体 1 = (部品 1 U 部品 2 U 部品 3)

のように定義して、省略モデルの割りあてを行う。本実施例では、オペレータの指示により、省略モデルの割りあてが可能であり、自動生成する場合よりもキメが細かく、省略モデル割りあての制御が可能である。

【0049】 本発明の実施例によれば、画面の中で重要性の低い物体を自動的に識別し、詳細モデルからパラメータ数または次元数を減じた省略モデルを自動生成して表示することができる。例えば、三次元モデルと視線との交点を求める際には、モデルを記述する関数と直線である視点との交点を求める問題として処理されるが、高次関数と直線の交点は容易には求められずに多大の処理時間を要する。しかし次元数を 1 次あるいは 2 次元にまで落したものを見略モデルとすれば、このモデルと視線との交点は極めて容易に求めることができる。

【0050】 また省略モデルへの切り換えの判別およびモデルの生成はすべて自動的に行われるものであり、オペレータが介在する必要がない。例えば、すべての物体に詳細モデルと省略モデルを 1 つずつ定めるとすれば、省略モデルの自動生成機能がない場合には、物体の 2 倍の数のモデルをオペレータが入力する必要があるが、本発明の実施例では詳細モデルだけを入力すればよく、入力工数の低減にも効果がある。

【0051】

【発明の効果】 本発明によれば、自然な画像を高速にコンピュータグラフィックス表示することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一実施例の概略図、及びハードウエア構成図である。

【図 2】 計算機アルゴリズムにより実現するためのフローチャートである。

【図 3】 詳細モデルを構成する図形要素の説明図である。

【図 4】 図形要素の構成を示す木構造図である。

【図 5】 詳細モデルから省略モデルを求める方法の説明

図である。

【図6】省略モデルを構成する平面の説明図である。

【図7】省略モデルの割りあて後の構成を示す木構造図である。

【図8】省略モデルをスクリーン上に投影させる方法の説明図である。

【図9】スクリーン上に投影させた省略モデルの説明図である。

【図10】視点-交点距離によりモデル切り換えを行った場合のフローチャートである。

【図11】省略モデルの大きさによりモデル切り換えを行った場合のフローチャートである。

【図12】図11の場合のモデルの割りあてを示す木構造図である。

【図13】図形要素のモデル情報の説明図である。

【図14】動作物体についてモデル切り換えを行った場合のフローチャートである。

【図15】透過率を変化させながらモデル切り換えを行った場合の説明図及びフローチャートである。

【図16】詳細モデルと省略モデルの対応点についての説明図である。

【図17】図16の上面図で補間モデルを生成する方法の説明図である。

【図18】詳細モデルを変形させながら省略モデルの切り換える場合のフローチャートである。

【図19】省略モデルと透過率データの説明図である。

【図20】省略モデルにマッピングにより透過率データ付与して詳細モデル表示を行う方法のフローチャートである。

【図21】図20の方法によりディスプレイより得られる詳細モデル及び省略モデルの表示の説明図である。

【図22】省略モデルのマッピングにより付与する色データの説明図である。

【図23】図19のデータに図22の色データを付与し

た場合のディスプレイ上の詳細モデル及び省略モデルによる表示の説明図である。

【図24】省略モデルへ付与する法線データの説明図である。

【図25】図19及び図22のデータに図24の法線データを付与した場合のディスプレイ上の詳細モデルによる表示の説明図である。

【図26】省略モデルへ付与する頂点法線の説明図である。

10 【図27】頂点法線の補間方法の説明図である。

【図28】省略モデルが複数の図形要素から構成される場合の説明図である。

【図29】図28のデータをディスプレイ上に表示させた場合の詳細モデルと省略モデルの説明図である。

【図30】単一の部品に詳細度の異なる複数の省略モデルを割りあてた場合のデータ構成を示す木構造図である。

【図31】図30のデータを表示する方法のフローチャートである。

20 【図32】外接直方体による第2省略モデルから外接球による第1省略モデルを生成する方法を示す説明図である。

【図33】詳細モデルから図形の分割数を制御して第2省略モデル及び第1省略モデルを生成する方法を示す説明図である。

【図34】第2省略モデルから次元数を減じて第1省略モデルを生成する方法の説明図である。

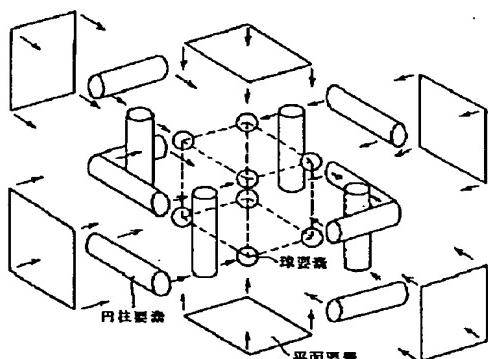
【図35】オペレータ指示により詳細度の異なるモデルを割りあてる場合の記述方法を示す説明図である。

30 【符号の説明】

1…視点、2…スクリーン、3…詳細モデル、4…省略モデル、5…光線、6…詳細モデルによる表示、7…省略モデルによる表示、8…ディスプレイ画面。

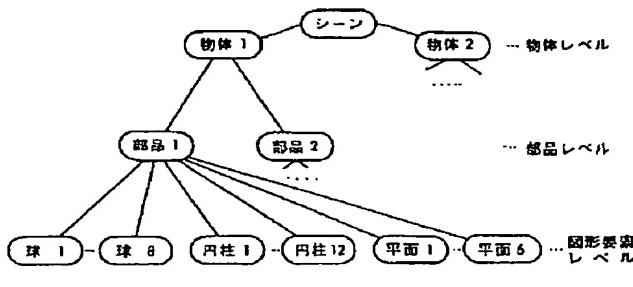
【図3】

図3



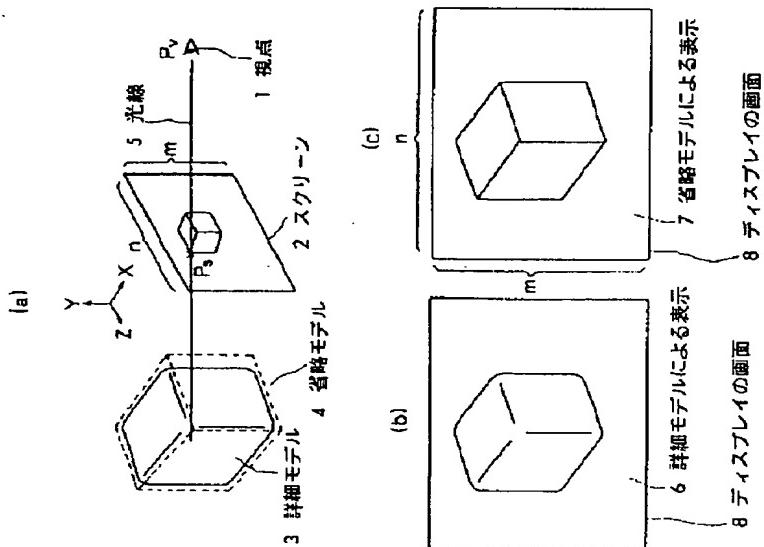
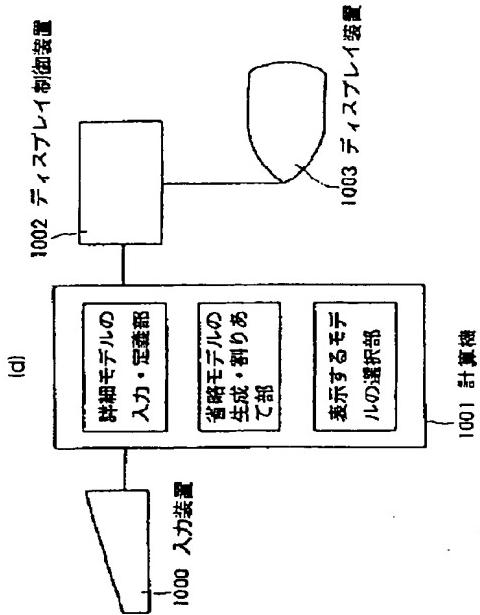
【図4】

図4



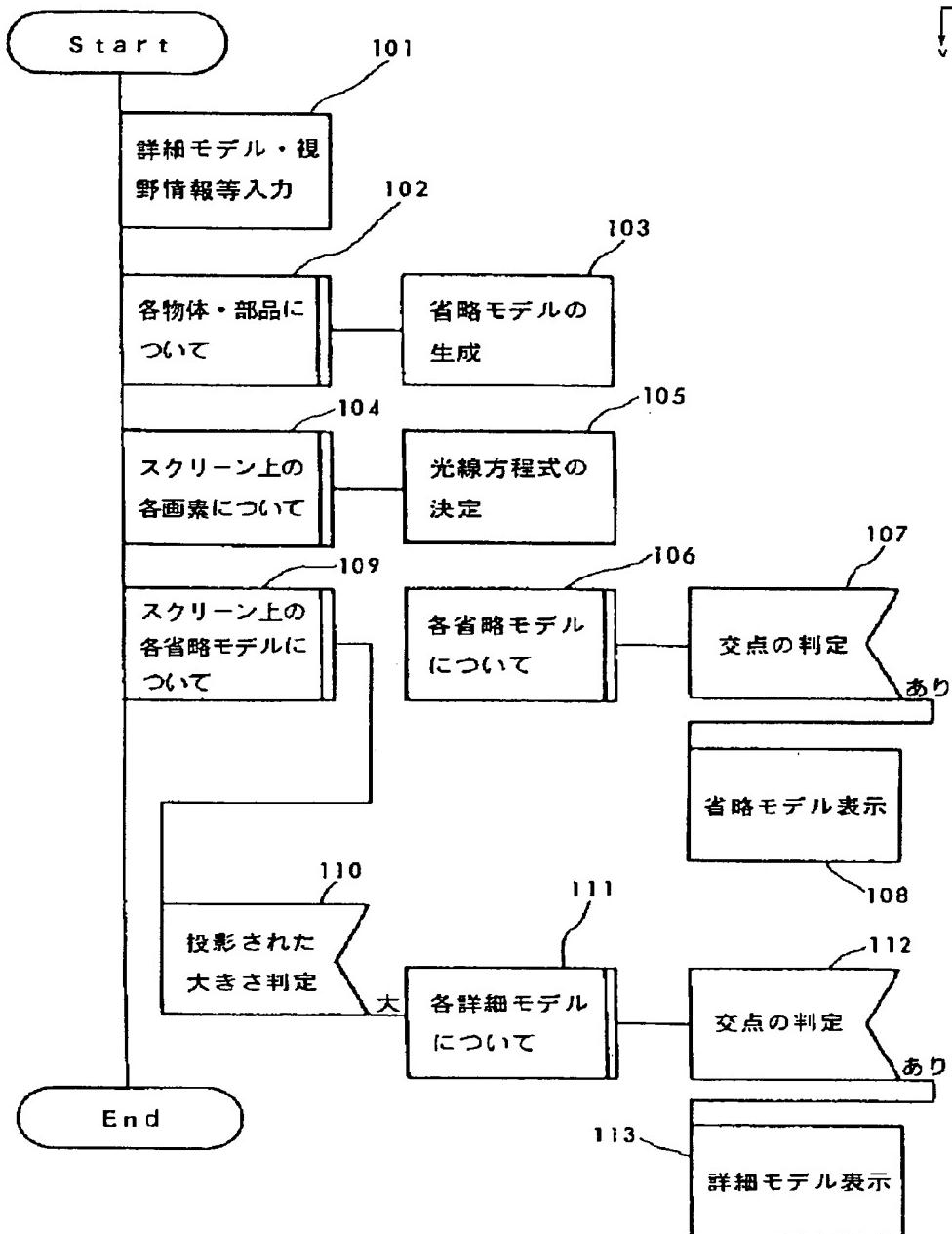
【図 1】

図 1



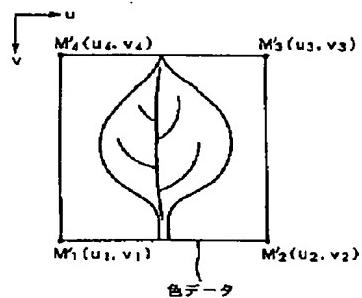
【図 2】

図 2



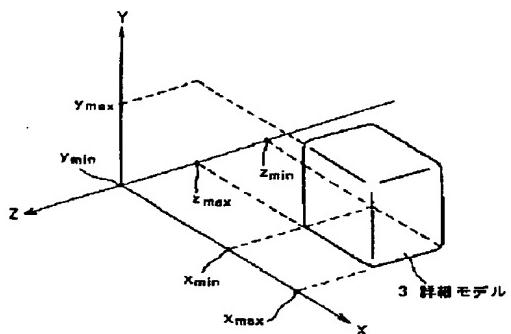
【図 22】

図 22



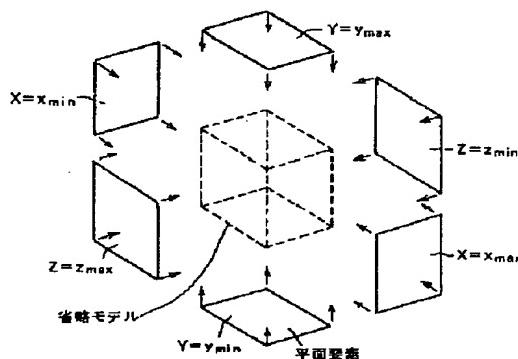
【図 5】

図 5



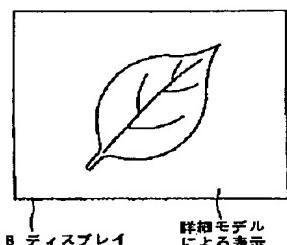
【図 6】

図 6



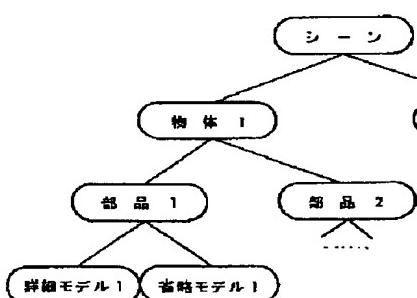
【図 25】

図 25



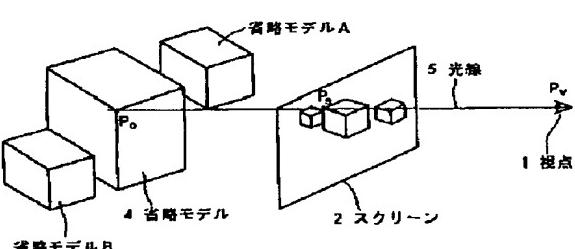
【図 7】

図 7



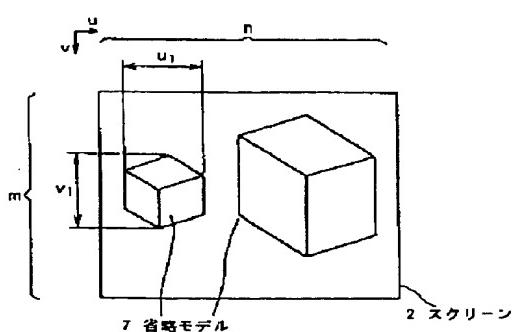
【図 8】

図 8



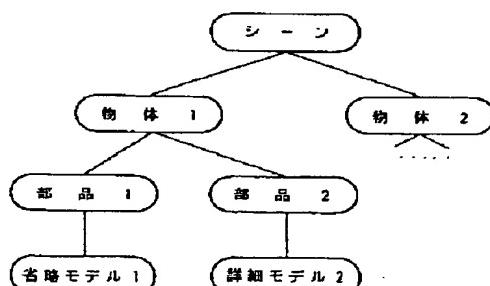
【図 9】

図 9



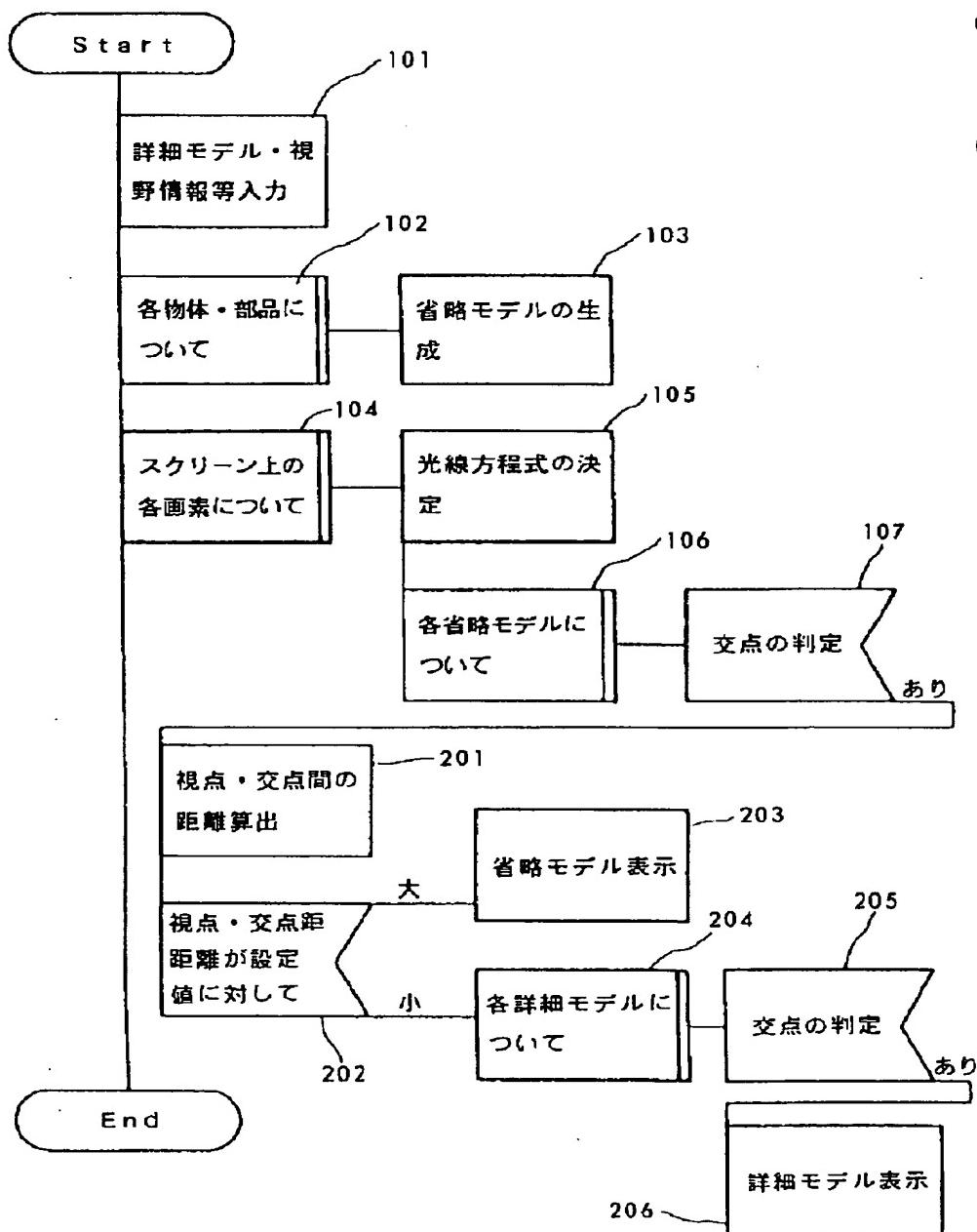
【図 12】

図 12



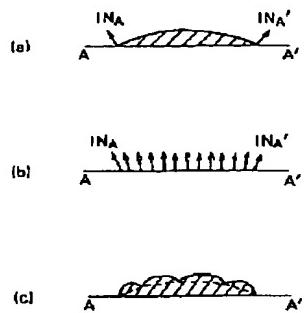
【図 10】

図 10



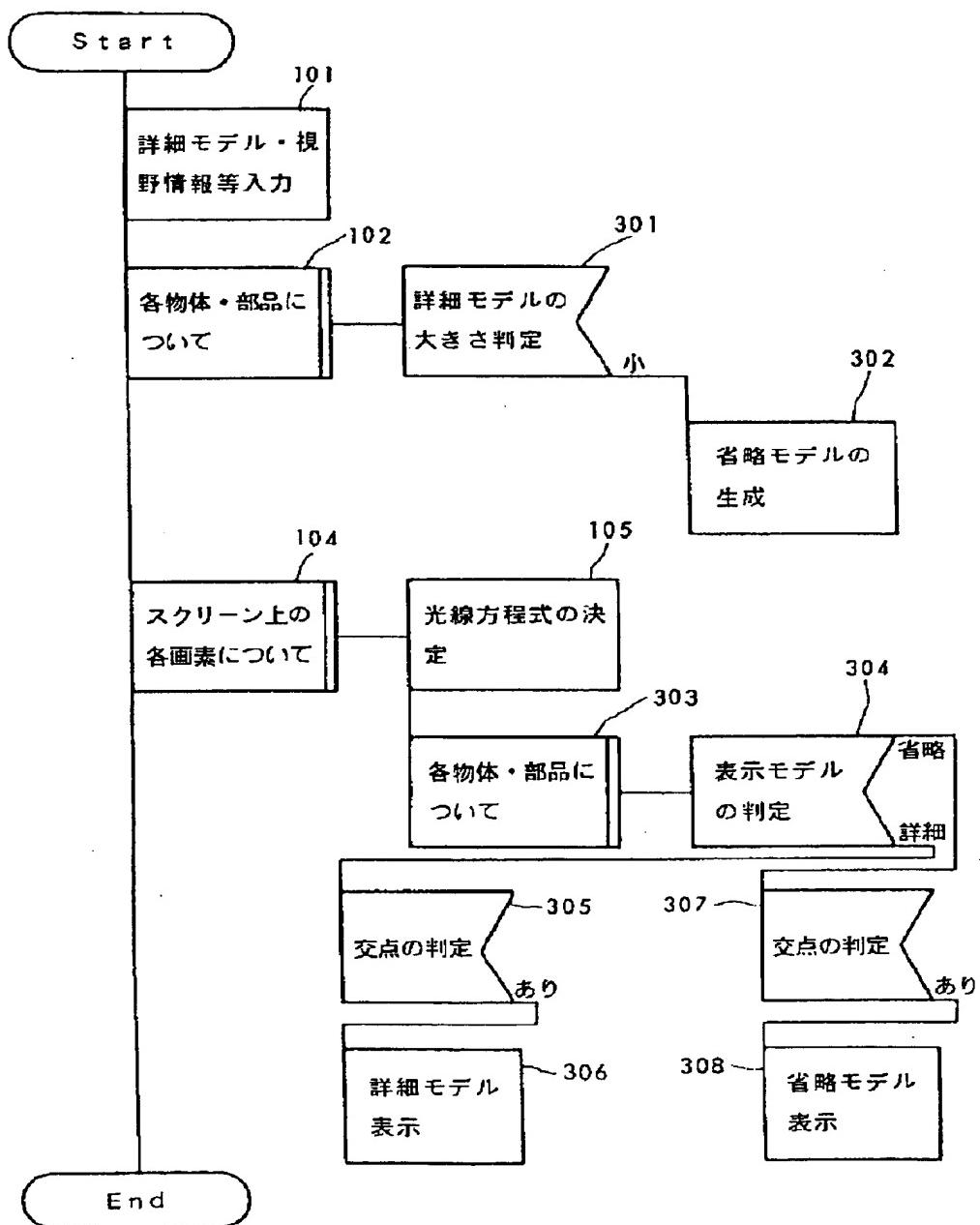
【図 27】

図 27



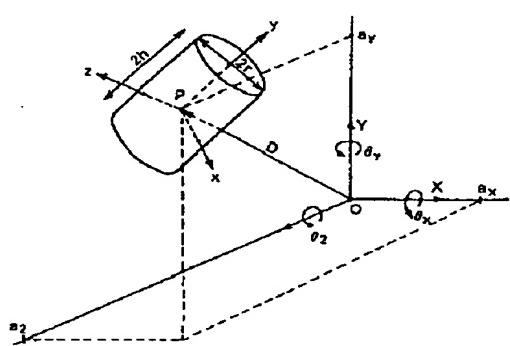
【図 11】

図 11



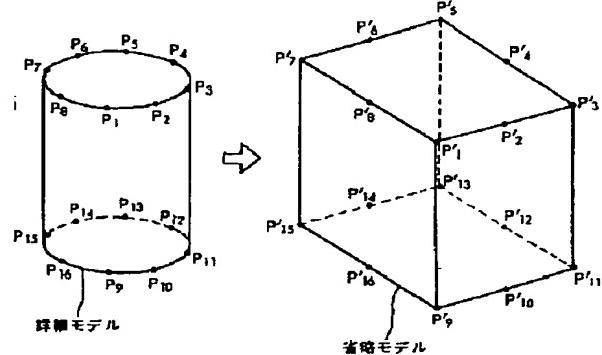
【図 13】

図 13



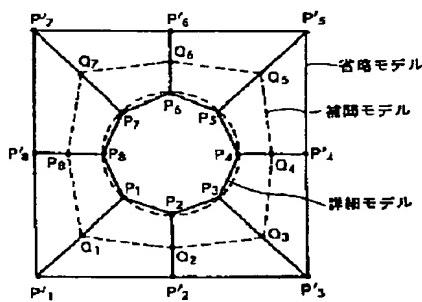
【図 16】

図 16

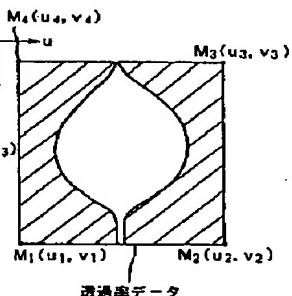
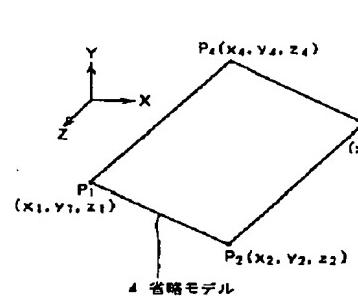


【図 17】

図 17

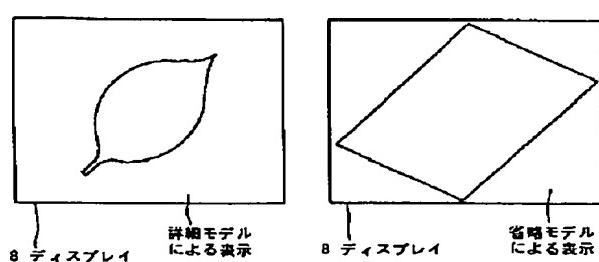


【図 19】

図
19

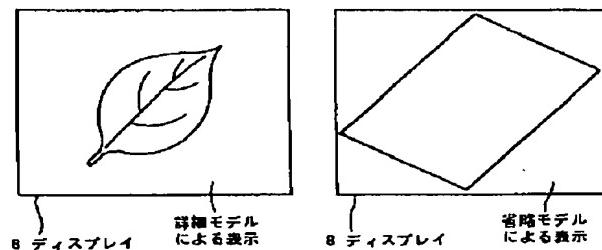
【図 21】

図 21



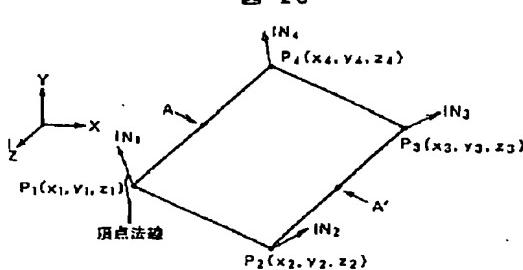
【図 23】

図 23



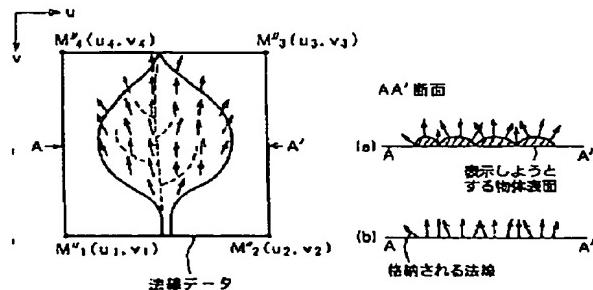
【図 26】

図 26



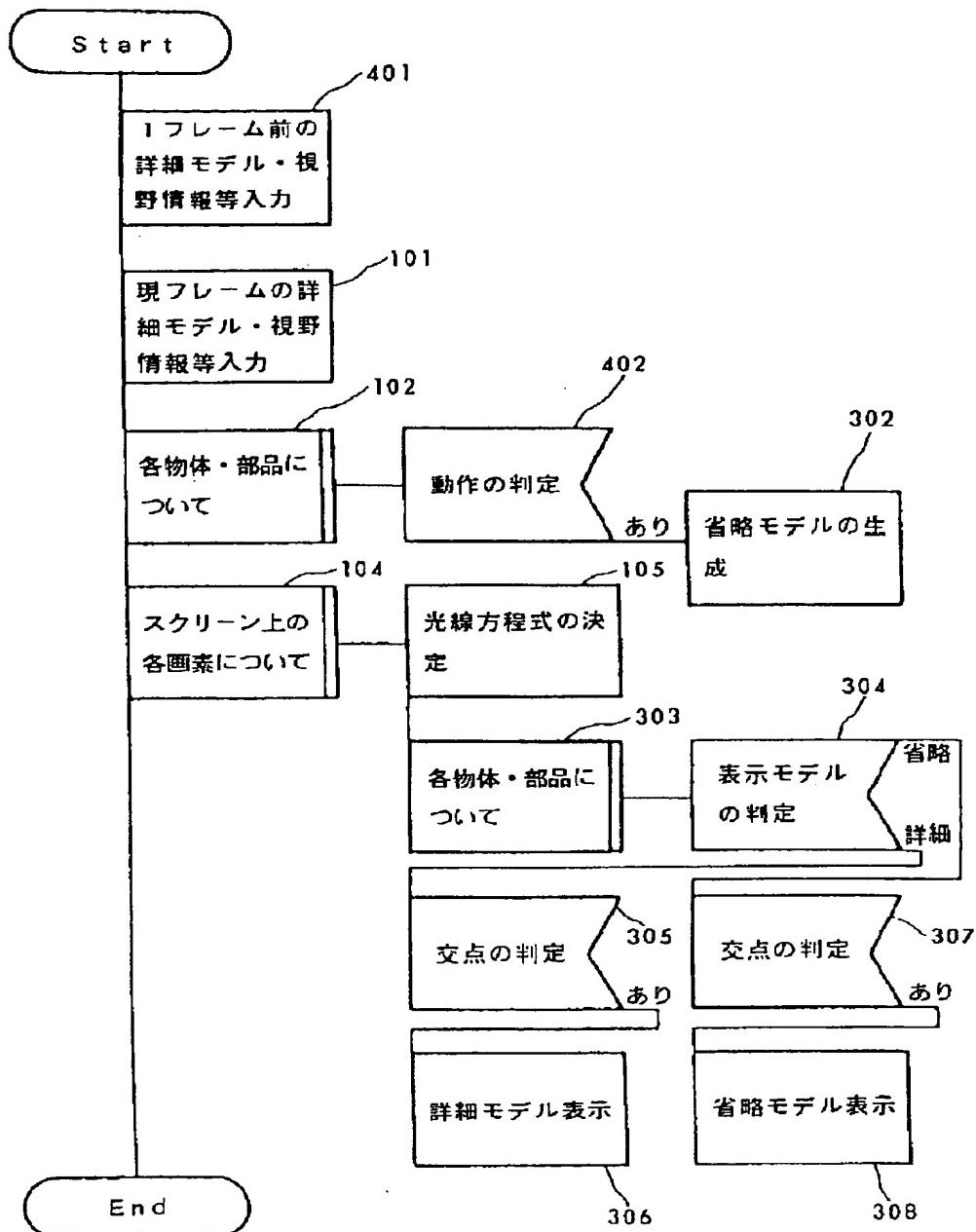
【図 24】

図 24



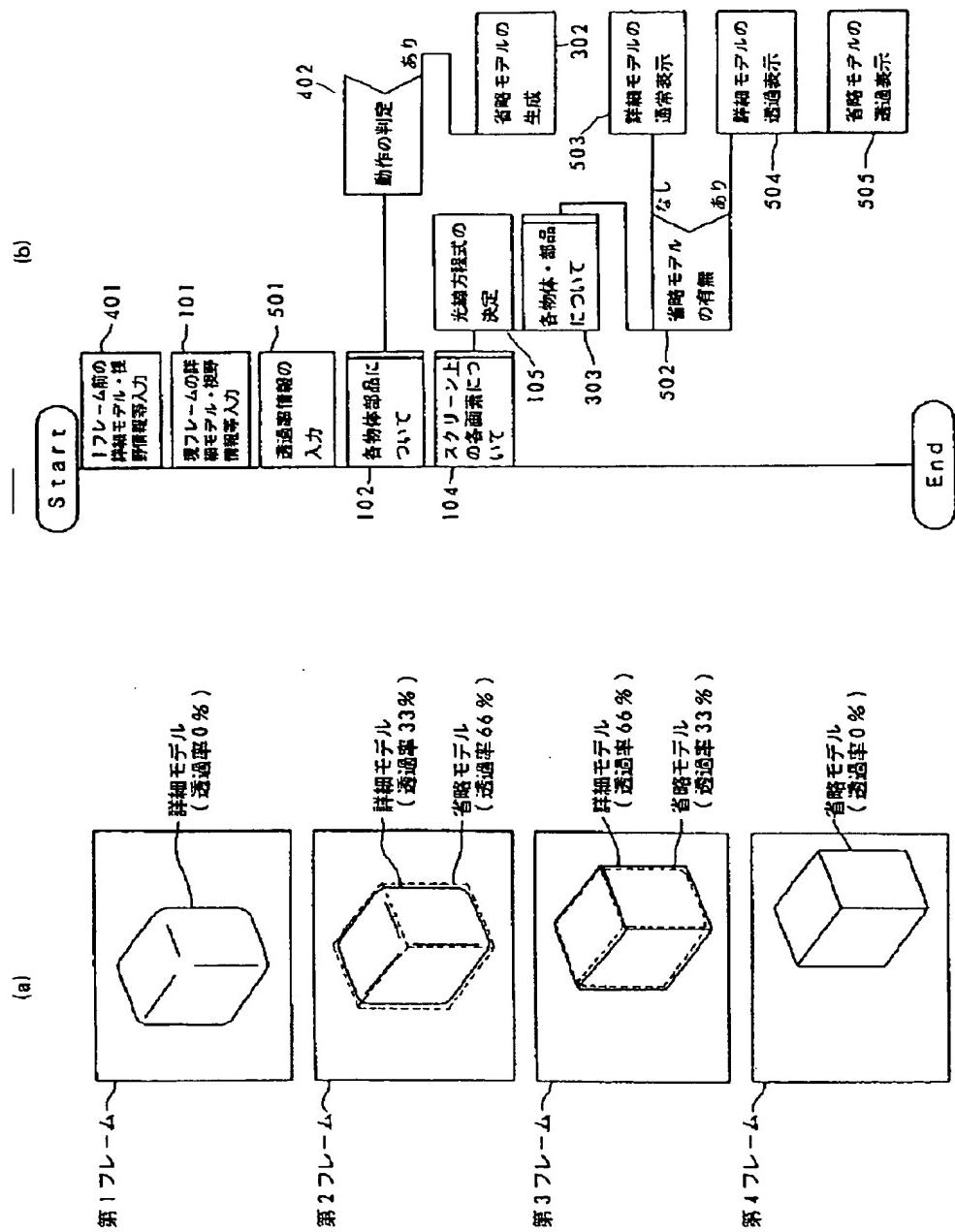
【図 14】

図 14



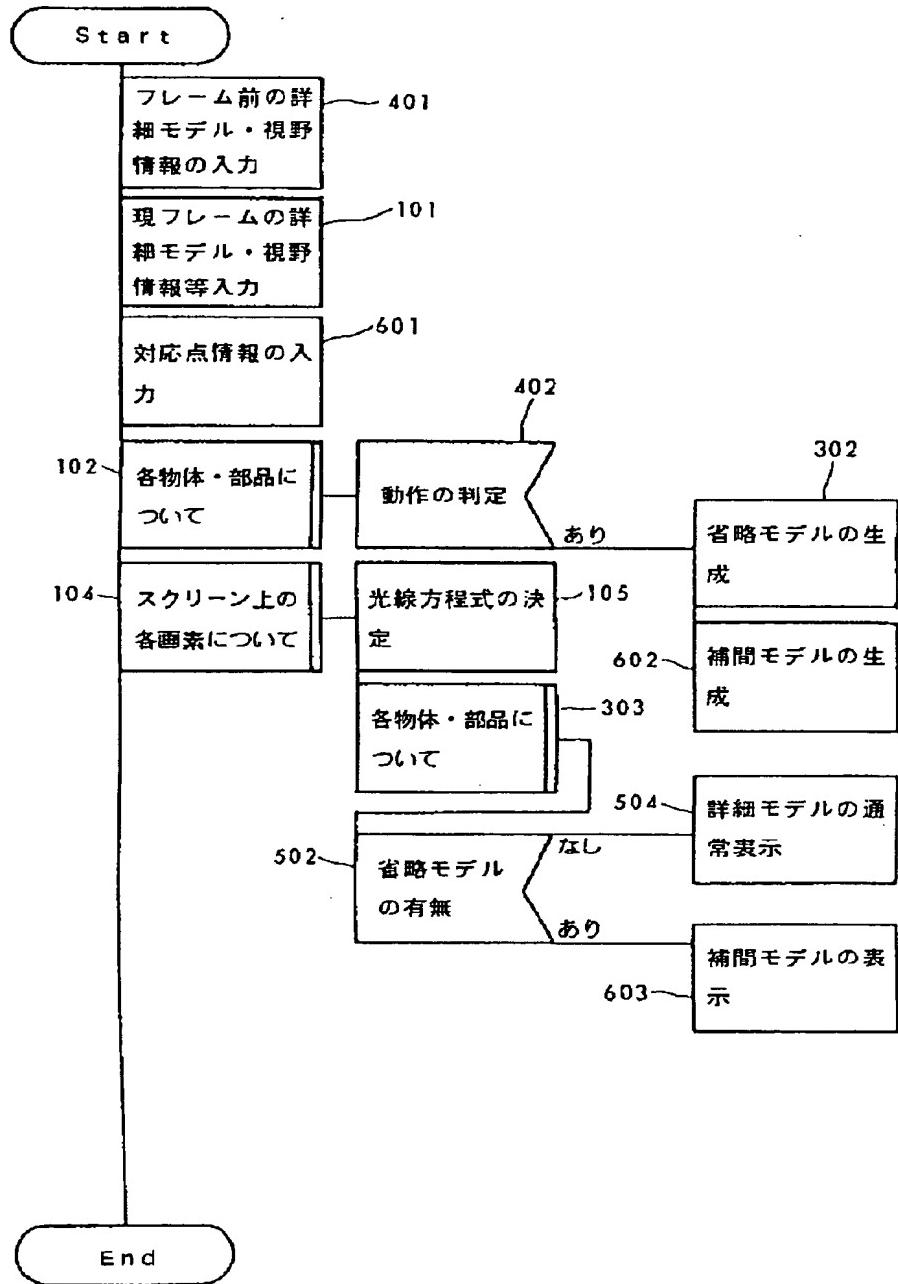
【図 15】

図 15



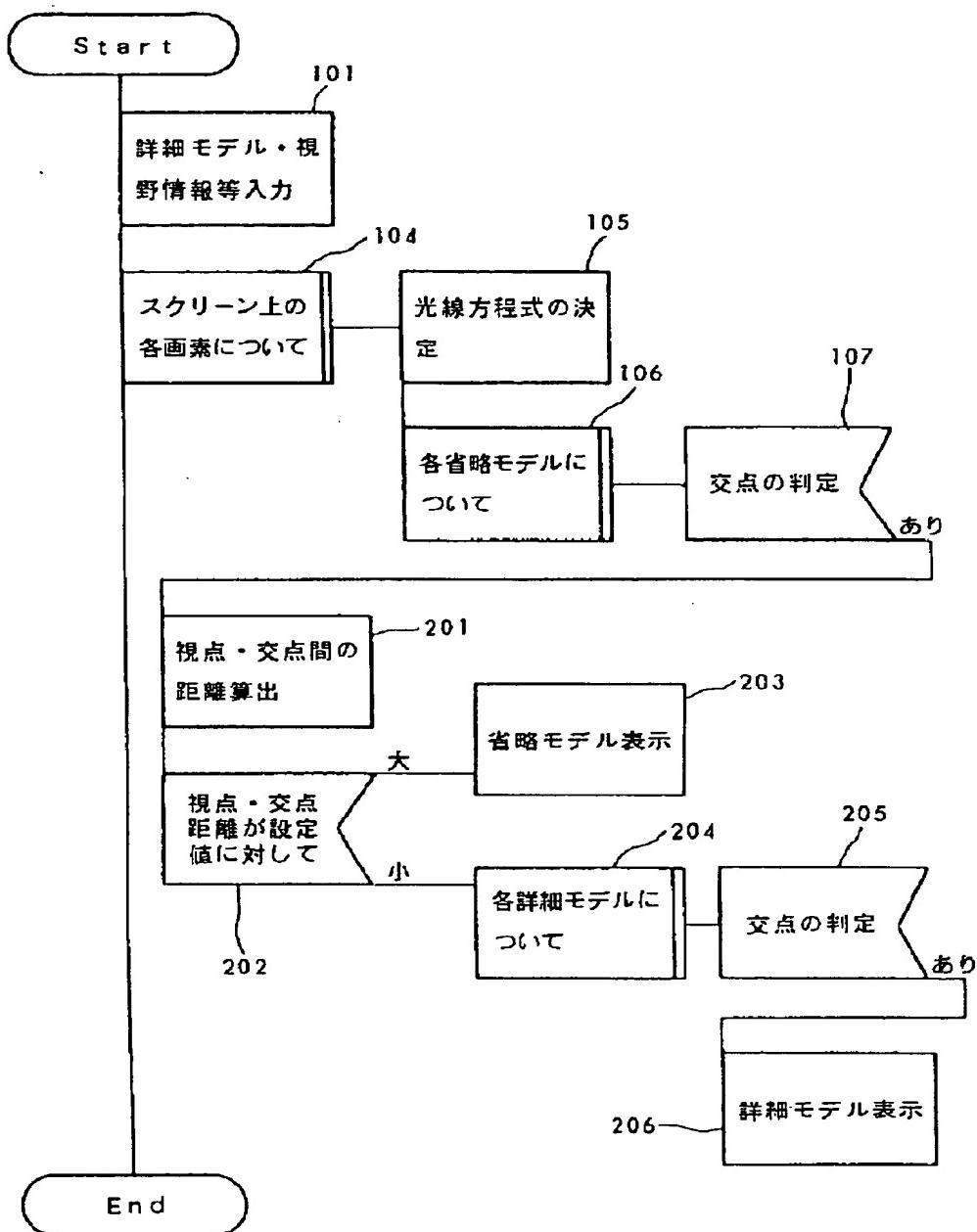
【図 18】

図 18



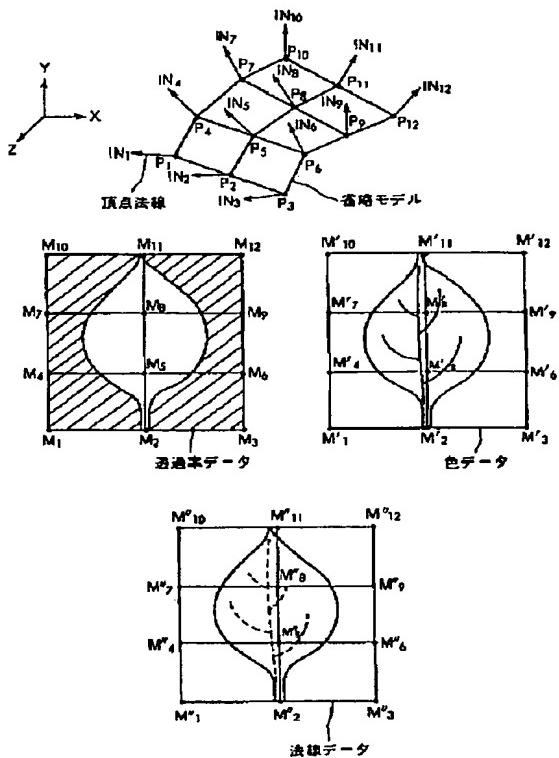
【図 20】

図 20



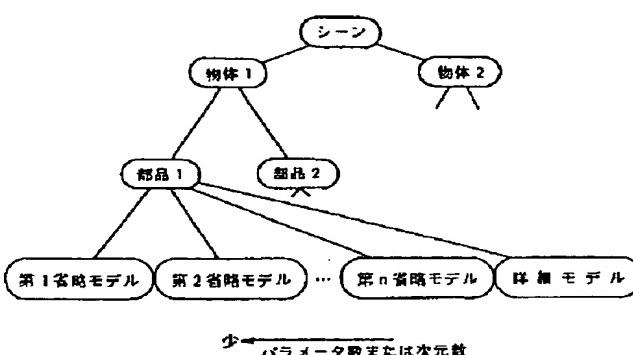
【図 28】

図 28



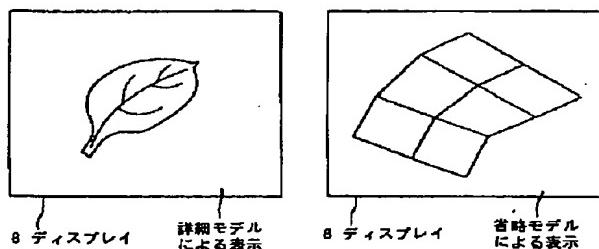
【図 30】

図 30



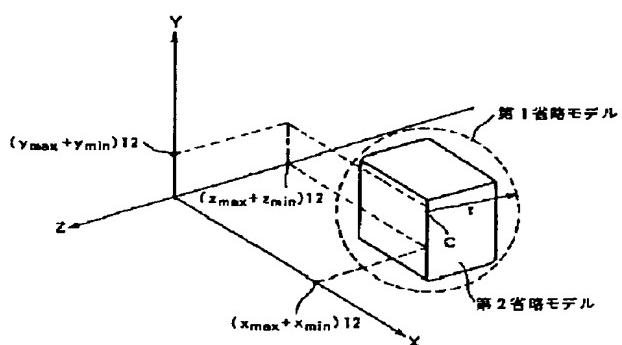
【図 29】

図 29



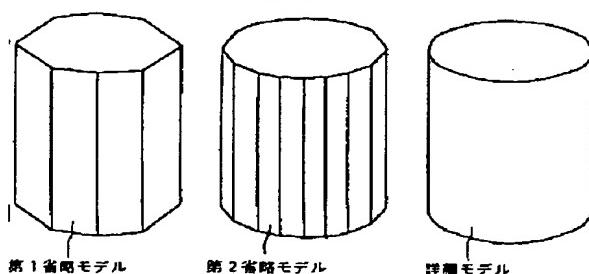
【図 32】

図 32



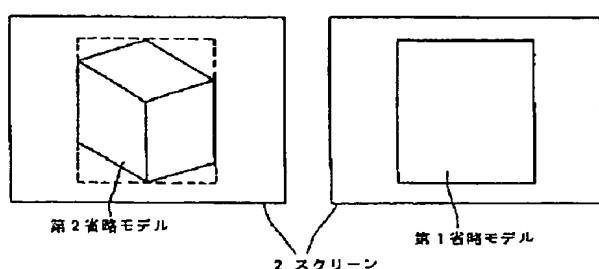
【図 33】

図 33



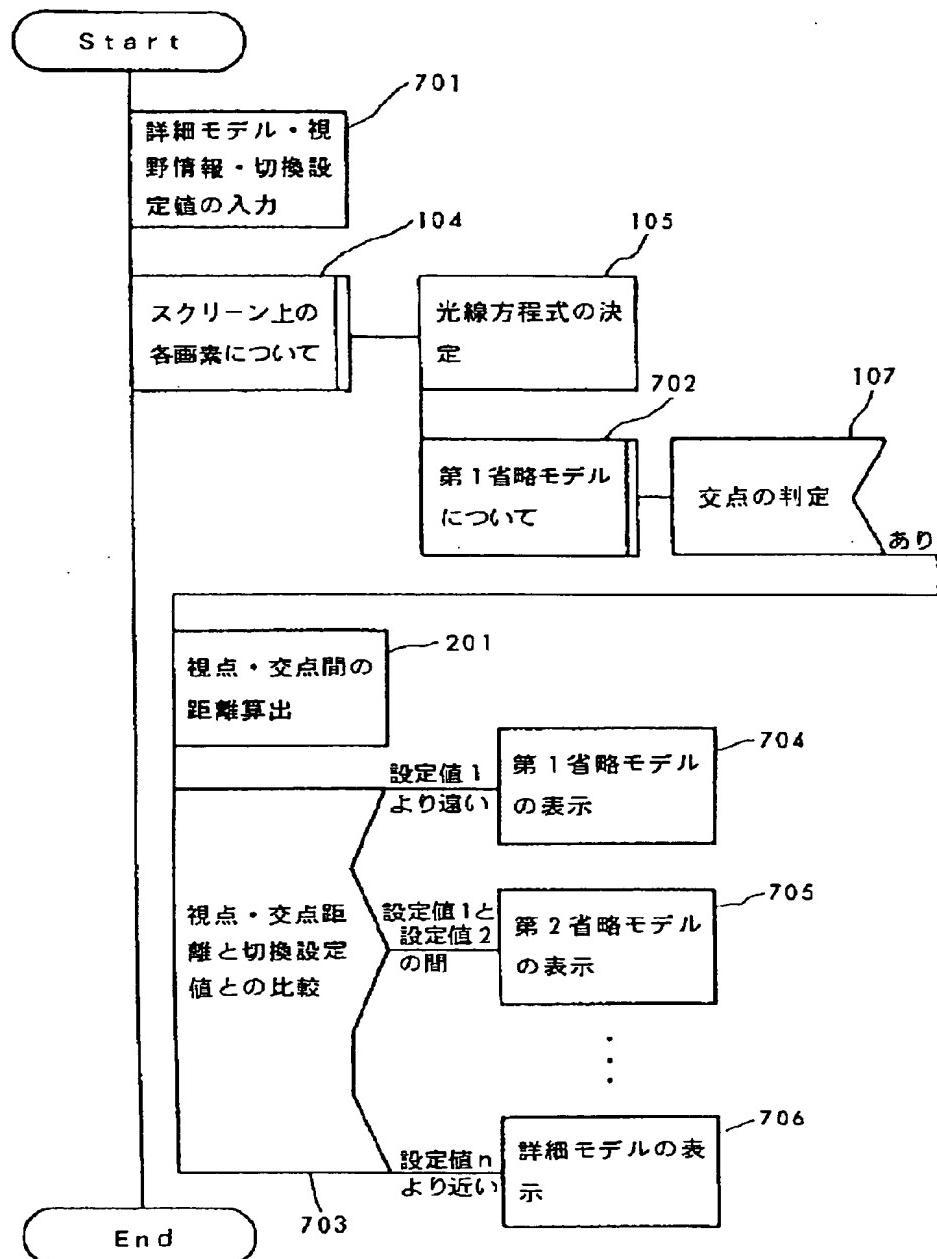
【図 34】

図 34



【図 31】

図 31



【図 35】

図 35

